

## 2 栄養水準下におけるウズラの6週齢体重 に対する間接選抜反応

岡 本 悟

(畜産学研究室)

昭和56年5月31日 受理

### Indirect Responses to Selection for 6-Week Body Weight in Japanese Quail, *Coturnix coturnix japonica*, under Two Nutritional Environments

Satoru OKAMOTO

(Laboratory of Animal Husbandry)

Received May 31, 1981

#### Summary

The purpose of this study was to evaluate the indirect response to selection for 6-week body weight in Japanese quail under two nutritional environments. The data from the two-way selection experiment for 9 generations was analysed on fertility, hatchability, rate of raising, age and egg weight at sexual maturity, mean egg weight from 91 to 100 days of age and total weight and number of egg to 100 days of age. The results obtained were as follows.

1) Fertility and hatchability in the selection groups fluctuated irregularly in each generation. The tendency to decrease in hatchability was found in the F S group. All rates of raising of lines selected over 9 generations were inferior to that of randombred population.

2) The indirect response to selection for 6-week body weight was observed in the egg production. Significant difference of the indirect response to selection was obtained between the quail produced by selection for increased growth on the full diet and those produced by selection for increased growth on the restricted diet, when the two lines were reared on the restricted diet.

3) Judging from the indirect response to selection for increased growth it is concluded that if the highest increase is desired the selection should be made under a restricted diet that reduces their body weight.

#### 結 言

家禽において体重、卵重、初産日齢および産卵数などの単一形質を指標として選抜すると、他の量的形質も変化するという結果が報告<sup>1-4)6)10)14)18)</sup>されている。この現象は間接選抜反応と呼ばれ、選抜形質と他の形質間に遺伝相関が認められるからである。鶏においても成長速度を早くすると、選抜指標以外の体重および卵重と正の相関反応があり、性成熟日齢および産卵率とは負の相関反応がある<sup>1-3)</sup>。最近、BOHREN ら<sup>1)</sup>は、初産日齢を早くする方向へ3世代選抜を行い、間

接選抜反応が認められたのは40週齢までの産卵数のみであったと報告している。

Marks<sup>5)</sup> は、2栄養水準下でウズラの4週齢体重を指標として体重大方向に選抜を行い、選抜39世代と40他代目に当るPおよびT系統の間接選抜反応を究明した。その結果、16週齢体重および卵重は対照区に比較して明らかに大きくなったが、受精率およびフ化率は低下したと報告<sup>7)</sup>している。岡本<sup>13)</sup> は、ウズラの体重選抜実験で、選抜指標である6週齢体重と10週齢体重に正の相関反応のある点を明らかにした。また本実験で設定されている同じ栄養環境条件下で、育成環境が異なると体重選抜に伴う産卵形質に関する間接反応が大きく異なる可能性を報告<sup>11)</sup>している。

本実験は、ウズラを異なる2栄養条件下で育成し、6週齢体重を指標として大および小方向へ9世代選抜を行い、体重選抜に伴う受精率、フ化率、初産日齢、初産卵重、91日齢から100日齢までの平均卵重、100日齢までの産卵数および総卵重の間接選抜反応を明らかにして、選抜環境についても考察したものである。

### 材料および方法

本実験の分析に用いたデータは、前報<sup>13)</sup>の選抜実験から得られた。

受精率およびフ化率は、選抜2、5および8世代目の群について求め、育成率は高蛋白質(F)飼料で育成した選抜3、6および9世代のフ化日から6週齢までの結果で示した。なお受精の有無は入卵後19日目に割卵して肉眼検査により判定し、フ化率は入卵数に対するフ化羽数の割合(%)で示した。

初産日齢および初産卵重は各世代別に求め、選抜効果を検討するため、同じ栄養水準で育成した3、6および9世代の初産日齢、初産卵重、91日齢から100日齢までの平均卵重、100日齢までの産卵数(軟卵数も含む)および総卵重を集計した。

### 結果および考察

#### 1. 受精率、フ化率および育成率

2世代、5世代および8世代の受精率、フ化率、F飼料で育成した場合の3世代、6世代および9世代における6週齢までの育成率をTable 1に示した。

Table 1. Fertility, hatchability and rate of raising in each population

Population	Generation								
	2	5	8	2	5	8	3	6	9
	Fertility (%)			Hatchability (%)			Rate of raising (%)		
FL	87.9	89.2	89.4	73.7	88.0	60.5	80.9	90.4	82.6
FS	68.7	75.0	81.7	79.9	61.5	36.7	57.3	83.3	69.4
RL	59.3	47.1	93.2	71.6	72.5	80.0	67.9	93.1	68.2
RS	59.8	61.8	88.9	67.1	70.6	61.3	56.3	83.3	71.4
RR	—	—	98.1	—	—	66.3	—	—	91.1

FL(FS): Line selected for large (small) size under a full diet

RL(RS): Line selected for large (small) size under a restricted diet

RR: Randombred population under a full diet

2世代および5世代の受精率では、明らかに栄養水準による違いを認めたが、高蛋白質(F)飼料で育成し選抜した場合、体重小方向に選抜した区(FS区)の受精率が低下した。これに対して低蛋白質(R)飼料で育成し選抜した場合、選抜方向の違いによる差は認められなかったが、F飼料による選抜区の受精率に比較して低かった。R飼料で育成し、体重大(RL)および体重小(RS)方向へ選抜した区の8世代の受精率は、FL区を除き2世代および5世代に比較して著しく高くなったが、選抜区間に差を認めることができなかった。また同じフ化時期のランダム交配集団の受精率に比較すると、選抜区の値は低かった。

2世代および5世代のフ化率では、FL区の5世代を除き各選抜区間に大きな差は認められなかったが、8世代では区間に大差があり、とくにFS区では36.7%で非常に低いフ化率であった。

育成率は各選抜区とも、6世代の値が高く大きい世代間差を認めた。9世代においては各選抜区とも、ランダム交配集団に比較して明らかに低かった。MORTONら<sup>8)</sup>に準じて、受精率、フ化率および育成率を乗じ、9世代目の生存確率(Probability of survival)を求めた。その結果、ランダム交配集団の値は0.59であったが、FL区：0.45、FS区：0.21、RL区：0.51、RS区：0.39となり、体重小方向に選抜したFSおよびRS区で低かった。しかし、FL区：3対、FS区：1対、RL区：4対では、全く受精卵が得られなかったのをこれらを除外して集計したが、受精率およびフ化率にこれらの値を算入すると、とくに体重大方向の選抜区で大きく低下し、生存確率も小さくなった。

ウズラにおいて近親交配を行うと受精率、フ化率および育成率が低下することは多くの研究者<sup>5)9)12)15-17)</sup>によって確認されており、SITTMANNら<sup>15)</sup>のこれら3形質に関する報告から推定した本実験の各選抜区の近交係数は10~20%程度と考えられる。また受精率、フ化率および育成率は、環境の影響を大きく受け易い形質でもあるので、本実験における適応度(Fitness)の低下の原因が、近交度の上昇によるのか、あるいは体重選抜に伴う相関反応であるのかは明らかにできなかった。MARKS<sup>7)</sup>は、ウズラの4週齢体重を指標として40世代選抜した結果、受精率およびフ化率は選抜世代が進むにつれて低下したと報告している。

## 2. 初産日齢および初産卵重

各世代の体重選抜に伴う初産日齢および初産卵重の間接選抜反応をFig. 1に示した。

選抜1世代の初産日齢が各区とも遅れているが、この主な原因は、飼育温度を恒温条件から自然条件に変更したためと考えられる。2世代以降、初産日齢は変動しているが、世代が進むにつれて各区とも遅れており、当研究室で維持しているランダム交配集団の初産日齢が45~50日齢であるので、F飼料で育成した区でも7~10日程度は遅れている。MARKS<sup>7)</sup>もP系統において1世代当り0.45日も遅れたと報告しているが、本実験でも体重選抜に伴う初産日齢の間接反応が顕著に認められた。

初産卵重は各世代とも大きく変動しているが、F飼料条件下で育成したFLおよびFS区では、体重選抜に伴う間接反応を明確には認めることができなかった。しかし、RL区の初産卵重は世代が進むにつれて大きくなったが、この原因は栄養制限解除後の代償性成長が急速であり、また初産日齢がRS区同様有意に遅れたことと密接に関係していると考えられた。

## 3. 3世代および6世代のF飼料による産卵形質の間接選抜反応

3世代および6世代のヒナをF飼料で育成した場合の初産日齢、初産卵重、平均卵重、総卵重および産卵数をTable 2とTable 3に示した。

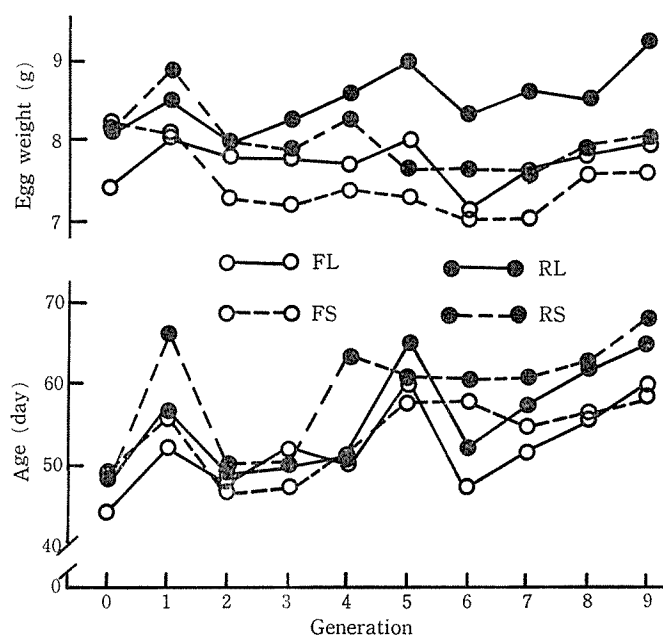


Fig. 1. Age and egg weight at sexual maturity in each line.

3世代の初産日齢において、FS区はFL区に対して有意な差が認められたが、R飼料で育成し選抜したRL区は、RS区よりも早い日齢で初産を開始した。初産卵重は、いずれの栄養環境とも、体重大方向への選抜区が大きく、3世代の体重に関する両栄養環境の選抜反応と一致した。つぎに選抜環境の違いによる初産日齢の差は、体重大方向ではRL区、体重小方向ではFS区が有意に早く、選抜環境により異なる傾向を認めた。初産卵重では、体重小方向の選抜区でRS区が有意に大きかった。このことは、6世代においても同じ結果が得られており、体重の直接選抜反応に密接に関係していた。

Table 2. Age and egg weight at sexual maturity of each selected line under a full diet in the 3rd and 6th generations

Generation		3			6		
Direction of selection	Age or (days) Egg weight (g)	Environment for breeding		Difference (F-R)	Environment for breeding		Difference (F-R)
		F.	R.		F.	R.	
Large (L)	Age	49.8	47.3	2.5*	48.3	43.1	5.2**
	Egg weight	7.9	8.0	-0.1	7.6	7.9	-0.3
Small (S)	Age	47.1	50.0	-2.9*	55.9	55.2	0.7
	Egg weight	7.1	7.6	-0.5**	7.1	7.5	-0.4*
Difference (L-S)	Age	2.7**	-2.7*		-7.6**	-12.1**	
	Egg weight	0.8**	0.4*		0.5*	0.4*	

\* Significant at 5% level \*\* Significant at 1% level

Table 3. Egg weight, total egg weight and egg number of each selected line under a full diet in the 3rd and 6th generations

Generation		3			6		
Direction of selection	Laying character	Environment for breeding		Difference (F-R)	Environment for breeding		Difference (F-R)
		F.	R.		F.	R.	
Large (L)	Egg weight	9.1	10.1	- 1.0**	9.0	9.6	- 0.6**
	Total egg weight	413.6	464.6	- 51.0*	395.8	396.2	- 0.4
	Egg number	47.3	48.6	- 1.3	44.1	41.2	2.9
Small (S)	Egg weight	9.0	9.2	- 0.2	8.2	9.0	- 0.8**
	Total egg weight	403.8	401.7	2.1	296.7	308.3	- 11.6
	Egg number	46.1	46.0	0.1	36.8	37.0	- 0.2
Difference (L-S)	Egg weight	0.1	0.9**		0.8**	0.6**	
	Total egg weight	9.8	62.9*		99.1*	87.9*	
	Egg number	1.2	2.6		7.3*	4.2	

Egg weight: Mean egg weight(g) from 91 to 100 days of age

Total egg weight and egg number: Total egg weight(g) and egg number to 100 days of age

\* Significant at 5% level \*\* Significant at 1% level

平均卵重に関する両栄養環境の間接選抜反応差は、高栄養環境下では認められなかったのに対して、低栄養環境下では有意な差が認められ、初産卵重に関する高栄養環境下の結果とは一致しなかった。総卵重に関する間接選抜反応差は平均卵重の結果と同じであった。つぎに選抜環境の違いによる平均卵重および総卵重の差は、体重大方向では認められたが、体重小方向では有意な差ではなかった。また産卵数では、体重大および小方向とも差を認めなかった。

3 世代までの結果から、産卵形質に関する体重選抜に伴う間接選抜反応は、産卵数を除き R 環境ではすべての形質で認められた。

6 世代の産卵形質の間接選抜反応は、低栄養環境における産卵数を除いて認められ、両栄養環境とも、体重大方向に選抜した区の反応が大きかった。しかし、3 世代における産卵形質の数値に比較して劣った。一方、選抜環境の違いによる初産日齢の差は、RL 区が明らかに早く、体重小方向における初産卵重では FS 区が小さかった。つぎに平均卵重では体重大および小方向とも、有意な栄養差を認め、いずれも低栄養環境での選抜区の卵重が大きかった。しかし、総卵重および産卵数では選抜環境の違いによる差は認められなかった。

6 世代までの結果から、産卵形質とくに卵重量には体重選抜に伴う相関反応が顕著であり、鶏で認められている品種あるいは品種内における体重と卵重との間に正の相関関係が、ウズラでも存在するものと考えられた。

#### 4. 9 世代の F および R 飼料による産卵形質の間接選抜反応

9 世代の F および R 飼料による産卵形質の間接選抜反応を Table 4 と Table 5 に示した。

F 飼料で育成した場合、初産日齢は 3 世代および 6 世代の結果と異なり、間接反応の差は認め

Table 4. Age and egg weight at sexual maturity of each selected line under a full and restricted diet in the 9th generation

Direction of selection	Age or (days)	Full diet		Difference (F-R)	Restricted diet		Difference (F-R)
		Environment for breeding			Environment for breeding		
	Egg weight (g)	F.	R.		F.	R.	
Large (L)	Age	58.4	54.6	3.8	76.7	65.5	11.2**
	Egg weight	8.0	8.4	-0.4*	8.3	9.2	-0.9**
Small (S)	Age	59.7	57.4	2.3	70.1	68.6	1.5
	Egg weight	7.6	7.4	0.2	7.8	8.1	-0.3*
Difference (L-S)	Age	-1.3	2.8		6.6*	-3.1	
	Egg weight	0.4*	1.0**		0.5*	1.1**	

\* Significant at 5% level \*\* Significant at 1% level

Table 5. Egg weight, total egg weight and egg number of each selected line under a full and restricted diet in the 9th generation

Direction of selection	Laying character	Full diet		Difference (F-R)	Restricted diet		Difference (F-R)
		Environment for breeding			Environment for breeding		
		F.	R.		F.	R.	
Large (L)	Egg weight	10.0	10.3	— 0.3*	9.9	10.1	— 0.2*
	Total egg weight	345.9	395.3	—49.4*	208.1	246.7	—38.6
	Egg number	36.1	40.7	— 4.6	22.0	24.6	— 2.6
Small (S)	Egg number	9.1	9.3	— 0.2	8.7	9.1	— 0.4*
	Total egg weight	266.9	324.3	—57.4*	174.1	225.4	—51.3
	Egg number	31.4	36.5	— 5.1	20.3	25.7	— 5.4
Difference (L-S)	Egg weight	0.9**	1.0**		1.2**	1.0**	
	Total egg weight	79.0*	71.0*		34.0	21.3	
	Egg number	4.7	4.2		1.7	— 1.1	

See table 3.

られなかったが、初産卵重では差があり、とくに低栄養環境でその差が大きかった。一方、R 飼料で育成した場合、FL 区の初産日齢が著るしく遅れた。このことは、選抜環境が異なると間接選抜反応も異なった発現をすることが示されており、同様な遺伝子型を有する集団も、違った環境条件下では表現型も大きく異なる可能性を示し、興味ある点である。

初産卵重では、体重選抜に伴う反応差が、いずれの栄養環境でも明確に認められ、高栄養環境で選抜した FL 区は卵重も小さく、初産日齢の結果とほぼ同じであった。また FL 区では、F 飼料で育成した場合、25羽のうち3羽、R 飼料で育成した場合、23羽のうち4羽の雌が20週齢に達しても産卵を開始しなかった。低栄養の選抜環境で育成した RL および RS 区ではすべて産卵を開始したことから、無産卵ウズラの出現にも選抜環境が関与している可能性が示唆された。

F 飼料で育成した場合、選抜区の平均卵重、総卵重および産卵数の間接反応は、6 世代の結果と一致した。R 飼料で育成した場合、これらの産卵形質では、平均卵重で明らかな選抜反応の差が認められたが、総卵重および産卵数では区間差を認めることができなかった。このことは、各区の初産日齢が遅れ、集計期間も短かく、個体変異も大きかったことによると考えられた。選抜環境が異なると、卵重では違いが認められ、いずれも低栄養環境での卵重が大きかった。

MARKS<sup>7)</sup> の 4 週齢体重を指標とした選抜実験の結果では、産卵率を除き、16 週齢体重、卵重、受精率およびフ化率で体重選抜に伴う相関反応を認めた。さらに異なる環境で体重大方向に選抜した P および T 系統で、16 週齢体重、卵重、産卵率および受精率では異なる結果を得ている。これらの体重選抜に伴う相関反応は、本実験の結果とよく一致しており、ある単一形質を指標として選抜する場合、将来選抜系統の子孫が飼養されるであろう環境で遺伝率および主要形質間の遺伝相関を求め、選抜形質の変化と選抜に伴う間接選抜反応を充分予測して選抜を開始すべきである。

## 謝 辞

本実験の遂行に当り、元九州大学農学部、岡本正幹教授および鹿児島大学農学部、武富萬治郎名誉教授から終始適切な御教示を頂いた。また佐賀大学農学部、松尾昭雄教授には、本論文をまとめるに当り、有益な御助言を頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

## 摘 要

本研究は、異なる栄養環境下でウズラの 6 週齢体重を指標として選抜した場合の間接選抜反応を追究した。体重大および小方向へ 9 世代の選抜実験から、受精率、フ化率、育成率、初産日齢、初産卵重、91 日齢から 100 日齢までの平均卵重、100 日齢までの総卵重と産卵数のデータが分析された。

1) 受精率とフ化率は、選抜区間および世代間において大きく変動しているが、FS 区のフ化率が低下する傾向が認められた。選抜 9 世代目の育成率は、ランダム交配集団と比較して各選抜区とも低下した。

2) 産卵形質に関しては、体重選抜に伴う間接選抜反応が認められた。異なる栄養環境で、体重大方向に選抜された 2 系統が低栄養水準下で飼養された時、体重選抜に対する間接反応が異なった。

3) 間接選抜反応の結果から、体重大方向への選抜環境としては、形質の発現を抑える制限飼料条件での選抜がすぐれると考えられる。

## 引 用 文 献

- 1) Bohren, B. B., V. A. Garwood and P. C. Lowe (1981). Poultry Sci., **60**, 289-294.
- 2) Collins, W. M. and H. Abplanalp (1968). British Poultry Sci., **9**, 231-242.
- 3) Ideta, G. and P. B. Siegel (1966). Poultry Sci., **45**, 933-939.
- 4) Kinney, T. B. Jr. B. B. Bohren, J. V. Craig and P. C. Lowe (1970). *ibid*, **49**, 1052-1064.
- 5) Kulenkamp, A. W., C. W. W. Kulenkamp and T. H. Coleman (1973). *ibid*, **52**, 1240-1246.
- 6) Marks, H. L. (1978). Theor. Appl. Genet., **52**, 105-111.
- 7) ——— (1979). Poultry Sci., **58**, 269-274.

- 8) Morton, N. E., J. F. Crow and H. J. Muller (1956). Pro. Natl. Acad. Sci. U. S., 42-85.
- 9) 前田芳実・伊集院正敏・橋口 勉・武富萬治郎 (1981). 家禽会誌, 18, 86-97.
- 10) Nordskog, A. W. and D. M. Briggs (1968). Poultry Sci., 47, 498-504.
- 11) 岡本 悟 (1970). 佐賀大農彙, 30, 33-43.
- 12) —————・松尾昭雄 (1979). 同上, 46, 9-16.
- 13) ————— (1981). 同上, 51, 29-37.
- 14) Poggenpoel, D. G. and J. E. Erasnws (1977). British Poultry Sci., 19, 111-123.
- 15) Sittmann, K. H. H. Abplanalp and R. A. Fraser (1966). Genetics, 54, 371-379.
- 16) 新城明久・水間 豊・西田周作 (1971). 家禽会誌, 8, 231-237.
- 16) ————— (1972). 同上, 9, 254-260.
- 18) Verghese, M. W. and A. W. Nordskog (1968). Genet. Res., 45, 933-939.